

Archeologia e Calcolatori
23, 2012, 297-309

FOTOGRAMMETRIA, NUVOLE DI PUNTI E RISCHIO SISMICO. APPLICAZIONI E RIFLESSIONI SU UNA METODOLOGIA DI RILIEVO

1. INTRODUZIONE

Oggetto del presente contributo è l'esperienza di rilievo fotogrammetrico avviata dal maggio del 2009 per la documentazione dello stato di alcuni edifici religiosi colpiti dal sisma del 6 aprile nell'aquilano. L'indagine prende spunto dalla necessità, subito dopo il sisma, da parte degli enti preposti alla tutela, di una documentazione rapida, efficace e allo stesso tempo ricca di tutte le informazioni necessarie agli interventi di messa in sicurezza e in seguito di restauro degli edifici storici danneggiati oppure crollati. Da qui la possibilità di valutare e verificare, in un caso specifico come la documentazione post-sismica, un sistema di registrazione e una metodologia di rilievo che hanno come base la fotografia. La specificità del caso risulta tale non solo dal punto di vista della metodologia utilizzata, ma anche delle obiettive difficoltà incontrate dagli operatori nelle fasi di rilievo sul campo e delle successive elaborazioni in laboratorio. Consapevoli del fatto che la documentazione archeologica possa diventare parte di un più ampio processo per la ricostruzione, o semplicemente per la messa in sicurezza di un edificio, in cui agiscono e interagiscono più agenti, l'approccio al problema del rilievo è stato affrontato tenendo in considerazione specifici elementi:

- l'esigenza di ottenere un rilievo geometricamente corretto e dotato di informazioni colorimetriche delle superfici;
- la consapevolezza che il rilievo possa essere utilizzato da esperti di vari settori disciplinari;
- l'esigenza di assicurare l'interoperabilità e l'implementazione nel tempo dei dati raccolti.

Le *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale* (MiBAC 2010, 38) esprimono chiaramente la necessità di una conoscenza della vita dell'edificio; a questa necessità l'archeologo può rispondere con i mezzi propri della ricerca (MANNONI 1984; BROGIOLO 1988; PARENTI 1988), coadiuvato ormai da strumenti digitali molto avanzati. Il nostro intervento intende pertanto discutere l'utilizzo di un sistema di registrazione e di processi di analisi e sintesi che hanno portato alla rappresentazione dei dati archeologici e architettonici, cercando di definire, attraverso casi specifici, un utilizzo mirato dello strumento per non produrre una sovrabbondanza di dati difficilmente gestibili e utilizzabili.

2. DOCUMENTAZIONE ARCHEOLOGICA E TERREMOTO

I lavori di seguito presentati rientrano all'interno di una linea di ricerca più generale e un percorso metodologico strutturato e già sviluppato in altri

progetti di documentazione archeologica. L'eterogeneità dei contesti di applicazione sperimentati (scavi archeologici, fronti stradali, fronti di cava, unità topografiche complesse) ha consentito di testare il metodo di acquisizione, gestione e digitalizzazione dei dati, avendo a disposizione una sufficiente quantità di variabili con cui confrontarsi (ARRIGHETTI, GILENTO 2012). La documentazione legata ad un contesto post-sismico presenta però una serie di criticità e particolarità che è necessario evidenziare. In primo luogo, lo stato degli edifici può complicare le operazioni di rilevamento. Si tratta in genere di strutture fortemente danneggiate e quindi parzialmente inagibili (che potranno essere indagate internamente solo dopo i necessari puntellamenti) oppure crollate e quindi quasi completamente prive di superfici omogenee da rilevare. A ciò va aggiunta la situazione di presa, la necessità di lavorare in sicurezza e la rapidità di esecuzione.

Le esperienze di documentazione realizzate nell'aquilano hanno affrontato un articolato iter pratico e concettuale attraverso cui è stata testata la medesima tecnologia di rilievo in tre differenti casi che bene rappresentano i momenti principali di documentazione di un edificio danneggiato da un terremoto:

- il rilievo del danno nell'emergenza e la messa in sicurezza;
- la rimozione delle macerie;
- le analisi preliminari finalizzate al progetto di restauro.

Nella fase di emergenza devono essere registrate tutte le informazioni necessarie alla programmazione degli interventi da effettuare. È stata pertanto stabilita una metodologia di intervento (DOGLIONI, MORETTI, PETRINI 1994; LAGOMARSINO 2009, 31) che prevede la scomposizione per macroelementi (facciata, abside, torre campanaria, etc.) su cui vengono osservati i diversi meccanismi di danno. Le informazioni devono essere acquisite rapidamente e fornire dati sufficienti a gestire l'emergenza (stima del danno, dichiarazione di agibilità, impostazione dei puntellamenti). Un rilievo rapido, effettuato in condizioni sicure per gli operatori che devono obbligatoriamente operare a distanza, si rende necessario, se non indispensabile, prima di provvedere alle opere provvisorie di puntellamento o alla sistemazione del ponteggio. Il rilievo così concepito può essere utile per dare indicazioni di massima dei volumi della struttura e registrare i principali meccanismi di crollo o le deformazioni subite dalle strutture; inoltre, anche se rapido, deve fornire tutte le caratteristiche di precisione e completezza che potranno essere integrate nel tempo durante le fasi di restauro della struttura.

Nel caso di edifici crollati totalmente o parzialmente, la rimozione delle macerie, realizzata a volte attraverso complesse operazioni di scavo, può permettere di recuperare opere pittoriche, statuarie ed elementi liturgici. Dalle operazioni di scavo condotte in alcuni edifici di L'Aquila sono emersi anche elementi inediti come epigrafi, elementi decorativi o architettonici inglobati

nelle murature ricostruite a seguito di altri eventi sismici (TORRIERI 2010, 2011). In questo caso, le operazioni di rilievo possono essere utili sia per registrare la situazione prima della rimozione delle macerie, e quindi documentare i meccanismi di collasso, sia per acquisire ulteriori informazioni sugli elementi strutturali e sulla storia costruttiva della fabbrica, che inevitabilmente si manifesta a causa del crollo dei muri e del distacco degli intonaci.

L'attenta osservazione e registrazione degli elementi che emergono dopo la rimozione delle macerie, quali addossamento di muri, presidi antisismici, sezioni murarie, possono fornire dati importanti, non solo per approfondire la storia costruttiva della fabbrica, ma per dare ai progettisti elementi su cui impostare il restauro. Infatti, dopo le fasi di messa in sicurezza e rimozione delle macerie, la registrazione dei dati relativi all'edificio è necessaria al successivo progetto di restauro. Il rilievo diventa lo strumento attraverso cui vengono programmati gli interventi di ricostruzione e consolidamento con l'obiettivo di ripristinare l'agibilità e quindi la funzionalità dell'edificio. Le richieste della committenza in questo caso riguardano non solo un rilievo architettonico molto accurato, ma anche una sequenza del degrado (BROGIOLO 2008, 12) che consiste, attraverso la registrazione della struttura materiale, nel mappare le cosiddette unità postdeposizionali che si riferiscono al quadro fessurativo definito in base alla geometria, al cinematismo, alle deformazioni e alle alterazioni chimico-fisiche.

3. FOTOGRAMMETRIA E NUVOLE DI PUNTI

In relazione alle esigenze e alle particolarità sopra esposte, la strumentazione utilizzata ha dovuto garantire una serie di caratteristiche fondamentali, quali la versatilità, la precisione geometrica e la qualità del dato nella restituzione del colore delle superfici. Essendo una strumentazione che si basa sull'elaborazione di immagini fotografiche, il progetto è fortemente vincolato alle condizioni di presa, ai materiali e alla complessità delle superfici da rilevare nonché all'illuminazione. Il sistema utilizzato (Menci Software, ZScan/ZMap) permette di generare delle scansioni tridimensionali delle superfici fotografate da cui vengono create nuvole di punti che contengono tutte le informazioni metriche (X,Y,Z) e colorimetriche (RGB). Il software, attraverso un algoritmo, trasforma i pixel delle immagini in nuvole di punti in cui ogni punto possiede il dato RGB. È quindi possibile gestire nuvole di punti con mesh texturizzata ad un alto grado di definizione, su cui registrare tecniche murarie, sistemi costruttivi, elementi decorativi, strati di rivestimento. Nel nostro caso, la qualità delle nuvole di punti ha permesso di mappare anche le lesioni, lo spostamento dei conci e i crolli delle strutture.

La gestione e post-produzione dei dati avvengono in un unico ambiente (ZMap) che consente di generare ortomosaici delle superfici derivate dalle

triplette di immagini e quindi lavorare in ambiente bidimensionale; modelli digitali esportabili in ambienti di navigazione tridimensionale; digitalizzazione a fil di ferro direttamente sul modello e DEM (Digital Elevation Model) delle superfici. Il modello tridimensionale a fil di ferro può essere esportato in ambiente CAD e utilizzato per ottenere le classiche rappresentazioni, piante, prospetti e sezioni che, assieme alle ortofoto, costituiscono ancora il materiale più accessibile e gestibile dagli enti di tutela. In particolare i DEM hanno consentito di ottenere, in tempi molto rapidi, sezioni delle superfici e dei crolli.

La calibrazione della strumentazione garantisce la precisione dei risultati, anche se a volte le condizioni di presa (lontananza dalle superfici, non complanarità del sensore rispetto alla superficie da rilevare) o elementi di disturbo come, nel nostro caso, i ponteggi, non permettono la generazione delle nuvole di punti. Nei tre casi di studio di seguito presentati abbiamo inoltre affiancato al rilievo fotogrammetrico quello topografico con stazione totale laser. Attraverso target posti sulle superfici da rilevare, oppure con la misurazione di punti naturali (dove le condizioni di sicurezza non hanno consentito l'avvicinamento alla struttura), è stato possibile georeferenziare le singole nuvole di punti all'interno di un sistema di coordinate relative.

4. SAN PIETRO A COPPITO, COPPITO (AQ)

La chiesa di San Pietro si presenta oggi come edificio a navata unica triabsidata con copertura lignea. La facciata è rivestita esternamente nella parte bassa da conci ben squadrati ed è divisa dalla parte alta, in bozze di medie e piccole dimensioni, da una cornice marcapiano ad archetti; il lato N è occupato dal complesso della casa canonica. Si tratta di una chiesa di medie dimensioni: il lato S misura infatti 28 m di lunghezza e 7 m di altezza, mentre la facciata è larga 10 m e alta 9. La massima distanza da terra del campanile a vela, che poggia sull'abside settentrionale, è di 10,90 m (PARENTI, VECCHI, GILENTO 2008).

4.1 Documentazione e messa in sicurezza

Il rilievo è stato realizzato nella fase di emergenza, a distanza di poco più di un mese (fine maggio 2009) dall'evento sismico, prima che venisse montato il ponteggio per i lavori di messa in sicurezza. In quell'occasione sono state rilevate tutte le superfici esterne agibili con la tecnologia sopra descritta. Dall'elaborazione delle triplette fotografiche sono state generate le nuvole di punti della facciata, del lato S e delle absidi, unite in un unico modello attraverso i target posizionati sulle superfici e misurati con stazione totale. Sul modello tridimensionale dei tre lati esterni è stato possibile realizzare un rilievo wireframe 3D disegnando i volumi principali del complesso architettonico. Il modello è stato arricchito da un rilievo "pietra pietra"

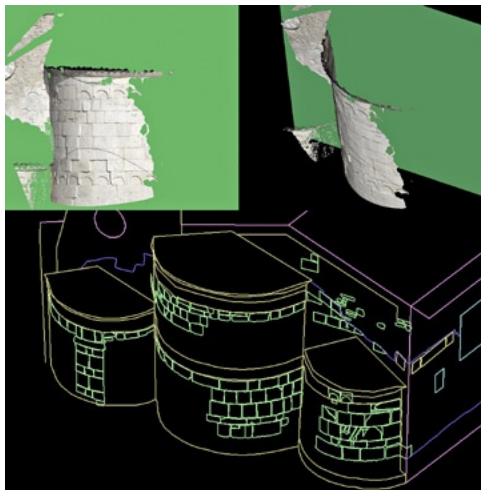


Fig. 1 – In alto, nuvola di punti con texture fotografica delle absidi di San Pietro a Coppito (AQ). In basso, modello wireframe 3D delle absidi con indicazioni dei volumi e delle tecniche costruttive.

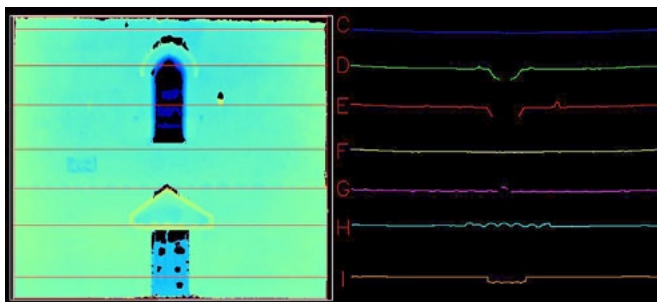


Fig. 2 – Digital Elevation Model della facciata di San Pietro a Coppito (AQ) con le sezioni passanti trasversalmente. A destra, il profilo di ogni linea di sezione.

tridimensionale con l'indicazione delle principali fasi costruttive e le relative tecniche edilizie (Fig. 1, Tav. XIV).

Il software ha consentito inoltre di generare altri prodotti come ortofoto ad alta risoluzione attraverso processi di ortomosaicatura delle triplette e DEM delle superfici. Attraverso il DEM è stato possibile monitorare lo stato della facciata mediante la generazione di sette linee di sezione (Fig. 2, Tav. XV, a) corrispondenti ad altrettante polilinee passanti, trasversali alla facciata, integrate da altri tre profili realizzati tramite battute di punti con stazione totale. Dalle mi-

surazioni così effettuate abbiamo evidenziato un leggero movimento della parte alta della facciata, al di sopra della finestra, spingente verso il tetto a doppia falda.

La configurazione dell'edificio ha presentato una serie di condizioni che hanno permesso di pianificare in modo ottimale il progetto di presa fotografica. In primo luogo le dimensioni del complesso architettonico hanno consentito agli operatori di lavorare da terra ad una distanza dalle superfici variabile tra 4 e 6 m. Gli elementi decorativi (architravi e lunetta) sono stati rilevati a distanza di circa 2 m. Tutte le superfici sono state fotografate con obiettivo 28 mm ad eccezione del campanile per il quale è stato utilizzato un 60 mm a distanza di circa 10 m. Le buone condizioni di presa (ampi spazi adiacenti al fabbricato, mancanza di elementi di disturbo come ponteggi, fili, etc.) e di luce, nonché le superfici in calcare locale, non intonacate (ad eccezione della parte alta del lato S, intonacato durante gli ultimi interventi di restauro), hanno consentito di ottenere modelli tridimensionali delle superfici di ottima qualità colorimetrica.

5. SANTI STEFANO E SILVESTRO, CASTELNUOVO (AQ)

La chiesa dei Santi Stefano e Silvestro, edificio completamente crollato a causa del sisma, si trova all'esterno del circuito murario a maglia quadrata e torri angolari del primitivo nucleo di Castelnuovo (una terranuova degli inizi del XIV secolo del periodo angioino), ed è il risultato di una serie piuttosto numerosa di ampliamenti e di ricostruzioni anche importanti e di attività di restauro. Il complesso religioso della chiesa e della cappella si può dividere in diversi corpi di fabbrica, così come richiesto dalle *Linee Guida*. Fino a prima del sisma del 2009, i corpi di fabbrica erano tre: la chiesa (con i suoi rifacimenti), il campanile e la Cappella della Compagnia. Le trasformazioni più importanti riguardano soprattutto il corpo di fabbrica costituito dalla chiesa, che abbiamo suddiviso in sette periodi, di cui alcuni interessano anche la cappella (Fig. 3).

5.1 Dalla rimozione delle macerie al rilievo stereometrico

Tre sono state le richieste che hanno accompagnato la programmazione del rilievo della chiesa dei Santi Stefano e Silvestro: realizzare una documentazione che registrasse la situazione del complesso architettonico prima e dopo la rimozione delle macerie, produrre piante, prospetti e sezioni, identificare le principali vicende costruttive che hanno caratterizzato la fabbrica. In questo caso la situazione oggettiva ha presentato notevoli difficoltà: la mancanza quasi totale di superfici omogenee da rilevare, le condizioni di presa limitate (spazi ridotti e difficoltà di movimento) e l'inagibilità di alcuni ambienti (ad es. la cappella) non crollati, ma fortemente danneggiati. Nella fase precedente la rimozione delle macerie (marzo 2010) è stato registrato il

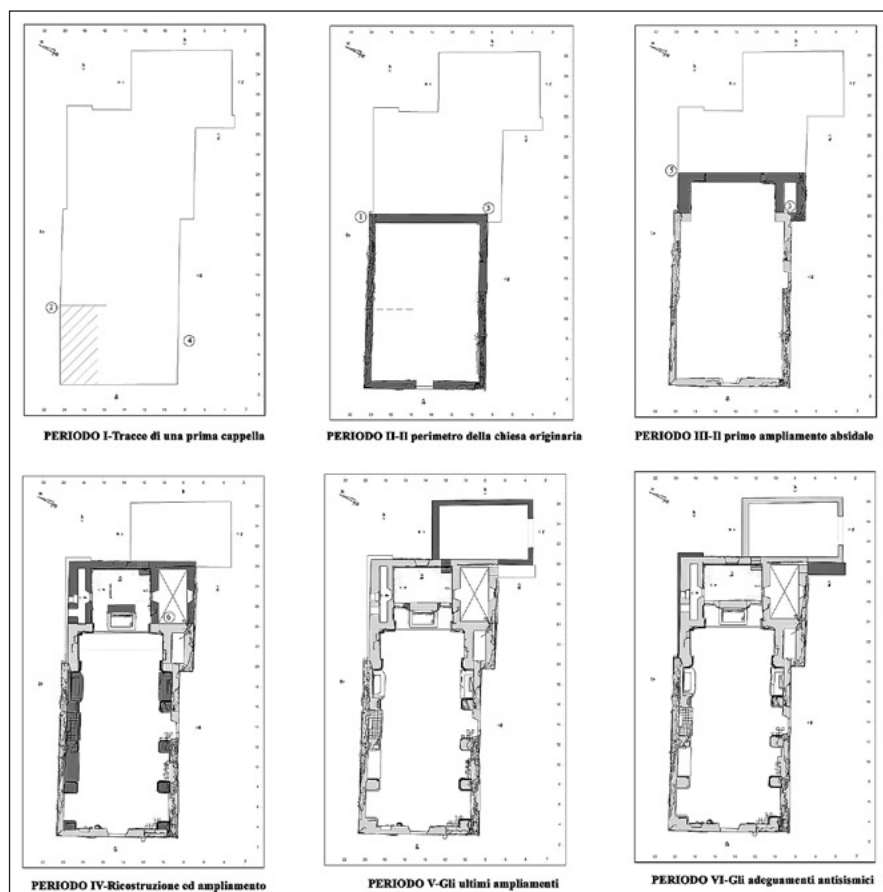


Fig. 3 – Pianta di periodo della chiesa di Castelnuovo (AQ), ricavate dall'elaborazione del modello 3D.

crollo sia interno che esterno al perimetro della chiesa, le limitate porzioni di pareti affioranti dal cumulo di macerie nella zona interna dell'altare e i muri esterni della cappella, peraltro intonacati. La registrazione dei crolli è stata programmata attraverso una serie di prese fotografiche con la strumentazione debitamente fissata ad un cestello elevatore. Dove possibile sono state realizzate foto zenitali dei crolli a distanze variabili tra 3 e 8 m. È stato inoltre creato un sistema di coordinate relative attraverso cui sono stati misurati i target posizionati su tutta la superficie del crollo in modo che ogni singola tripletta fosse georeferenziata.

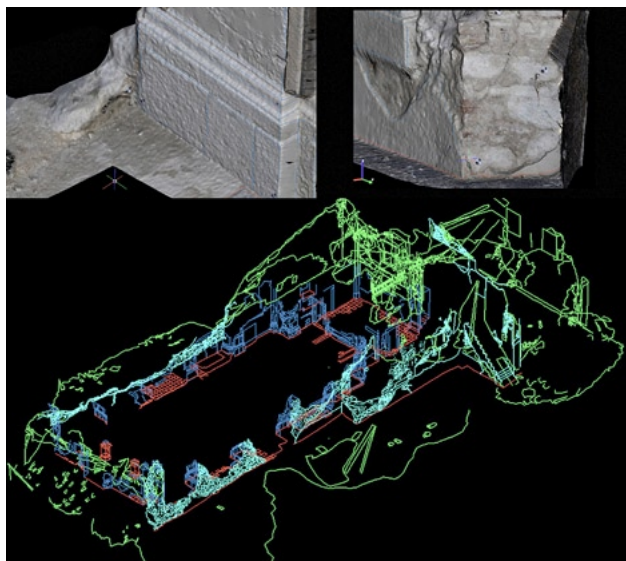


Fig. 4 – In alto, due immagini dell'ambiente tridimensionale in cui è possibile gestire e digitalizzare nuvole di punti con mesh texturizzata. In basso, il modello wireframe 3D della chiesa di Castelnuovo dopo la rimozione delle macerie.

In questa prima fase di rilievo è stato quindi realizzato un modello tridimensionale del crollo e delle porzioni affioranti dei muri; dal modello è stato generato un ortomosaico e un DEM su cui sono state impostate sezioni trasversali e longitudinali. A distanza di tre mesi (luglio 2010), completata la rimozione delle macerie, il rilievo è stato integrato con la registrazione degli elementi superstiti. La messa in sicurezza dell'edificio ha consentito di lavorare a distanze ravvicinate (tra i 0,5 e i 4 m) ed esclusivamente da terra; in questo caso è stato possibile fotografare ad un alto grado di dettaglio le superfici. Su un modello così generato è stato possibile disegnare a fil di ferro per ottenere un modello stereometrico della volumetria generale, integrato dalle informazioni riguardanti il distacco di intonaci, i cambi e gli ispessimenti murari, le creste e il quadro fessurativo generale (Fig. 4, Tav. XV, b). La pulizia del crollo ha inoltre consentito di individuare i punti di contatto tra diversi corpi di fabbrica che sono stati debitamente registrati sul modello tridimensionale e utilizzati per creare le piante di periodo.

Dall'esperienza descritta scaturisce una serie di riflessioni. La strumentazione utilizzata si è rivelata non adatta alla registrazione dei crolli con cestello elevatore; molti fattori hanno inciso negativamente sulla riuscita del rilievo: foto a volte troppo scorciate, movimento del cestello, distanza di

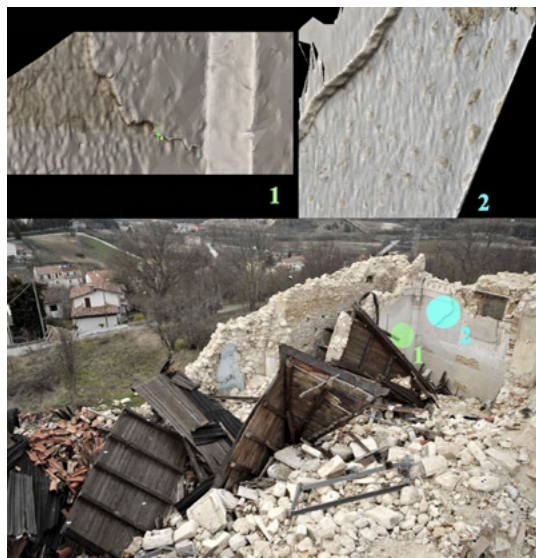


Fig. 5 – Immagine generale del crollo della chiesa di Castelnuovo e modelli 3D di superfici con intonaco. Nel modello 1 è possibile osservare la fase di digitalizzazione.

presa. Altro dato negativo riguarda una eccessiva produzione di dati che, in fase di elaborazione in laboratorio, sono risultati parzialmente inutilizzabili. La sola generazione del modello delle macerie è stata realizzata effettuando 117 triplette equivalenti a 17,4 GB; di queste, oltre un terzo è risultato inutilizzabile per i motivi descritti sopra. Nella seconda fase di rilievo, quando cioè è stato possibile fotografare le superfici architettoniche superstiti in condizioni ottimali – con il sensore quasi parallelo alle superfici – la strumentazione ha prodotto buoni risultati anche su superfici intonacate (Fig. 5). Nel caso specifico, la realizzazione di triplette per ottenere una nuvola di punti delle macerie attraverso cui ricavare le sezioni dei crolli ha impegnato tempo e risorse, sia nel lavoro sul campo che nella fase di post-processamento dei dati, per un risultato (le sezioni) che poteva sicuramente essere ottenuto attraverso altri procedimenti (un’attenta battuta di quote con stazione totale oppure, se possibile, con il volo di un drone). Per il resto invece, la possibilità di dialogare con la struttura materiale direttamente in 3D, ad un alto grado di risoluzione, ha dato ottimi risultati nella mappatura delle superfici che sono state documentate ed integrate a distanza di tre mesi. Sul modello tridimensionale ottenuto si è poi potuto ragionare per creare un modello diacronico semplificato della struttura.

6. SANTA MARIA DI ROIO, L'AQUILA

La chiesa di Santa Maria di Roio, situata nel centro storico di L'Aquila, si presenta oggi come un complesso architettonico articolato in vari corpi di fabbrica, frutto delle complesse vicende costruttive legate ai terremoti disastrosi che hanno interessato la regione. Le fonti ci forniscono date alquanto precise riguardo la fondazione della chiesa, che risalirebbe al periodo compreso tra il 1266 e il 1290 (MORELLI 1983, 16) e che avrebbe avuto forma e dimensioni molto diverse rispetto all'assetto attuale. Oggi la chiesa è a navata unica, secondo la sistemazione realizzata dopo il terremoto del 1703 di una chiesa duecentesca, probabilmente a tre navate, già profondamente modificata dopo il terremoto del 1461-1462. Addossati al corpo principale della navata ci sono ambienti anticamente adibiti a cappelle, mentre, inglobato negli ambienti moderni della casa canonica, è presente un corpo di fabbrica quadrangolare (il probabile campanile originario) su cui poggia il riadattamento a vela del 1796 e infine la casa canonica che insiste su parte degli ambienti semiesagonali della chiesa duecentesca, divisa dal presbiterio da un corridoio funzionale ricavato in parte dall'apertura della torre campanaria.

6.1 *La documentazione archeologica e il progetto di restauro*

Anche in questo caso le particolari condizioni del complesso architettonico, assieme alle limitate risorse economiche, hanno influenzato e indirizzato la programmazione del progetto di rilievo. La configurazione della fabbrica ha presentato una serie di variabili da valutare attentamente: a) l'articolazione interna dei volumi, suddivisi su due livelli, in cui si sviluppano 18 ambienti al piano terra e 16 al piano primo, di dimensioni anche molto differenti e in alcuni casi inagibili; b) le condizioni di luminosità degli ambienti interni e le superfici quasi completamente intonacate sia all'interno che all'esterno; c) l'impossibilità di utilizzare un cestello elevatore; d) la presenza di ponteggi e le opere di puntellamento. La strumentazione fotogrammetrica è stata impiegata pertanto sulla parte bassa della facciata e degli interni a quota del livello di calpestio attuale e inoltre è stato integrato il rilievo wireframe della volta absidale con il rilievo fotogrammetrico. Sono stati interessati da questa tecnologia anche alcuni dettagli costruttivi, gli altari (Fig. 6), le pareti esterne non intonacate, il campanile e parte della sacrestia. Le superfici sono state scelte in base alla situazione di visibilità e accessibilità, nonché per l'importanza strutturale all'interno del complesso generale. Attraverso le prese fotogrammetriche sono stati generati ortofotopiani delle superfici già citate sopra e il DEM della facciata e della pittura presente in una delle cappelle al piano terra.

Data la notevole altezza del fabbricato, non è stato possibile utilizzare in modo esaustivo la stazione fotogrammetrica perché le foto sarebbero state scattate da terra in modo troppo scorciato rispetto alla superficie da rilevare,

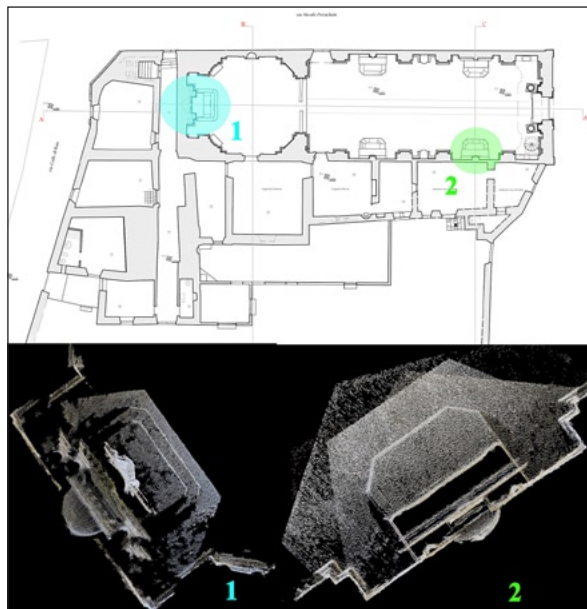


Fig. 6 – Pianta della chiesa di Santa Maria di Roio (AQ). In evidenza, il rilievo dell’altare maggiore (1) e di quello laterale (2).

pregiudicando precisione e qualità. È stato utilizzato un obiettivo 28 mm a una distanza media variabile tra 0,5 e 4 m dalla superficie, mentre il campanile è stato rilevato con obiettivo 60 mm ad una distanza di 12 m, prevedendo un errore medio di circa 7/8 cm. Particolari sforzi sono stati concentrati per l’individuazione degli spessori murari, indicazione fondamentale in un contesto pluristratificato e molto articolato dove le superfici risultano quasi completamente intonacate. In casi come questo un rilievo geometricamente corretto diventa infatti la base su cui realizzare analisi di tipo configurazionale (MANNONI 1998; GARCÍA-GÓMEZ, FERNÁNDEZ, MESANZA MORAZA 2011). Purtroppo la strumentazione impiegata non è stata utile per il rilievo delle superfici interne intonacate e si è reso quindi necessario un dettagliato rilievo topografico. Altro problema è stato riscontrato nel rilievo di elementi decorativi complessi come i capitelli, gli stucchi o le decorazioni degli altari.

7. CONCLUSIONI

La possibilità di documentare strutture danneggiate dal terremoto nelle differenti fasi di intervento ha rappresentato un’occasione importante per testare una tecnologia di rilievo che si basa sull’elaborazione di immagini

digitali da cui è possibile ricavare modelli 3D delle superfici. Dalle esperienze fatte è scaturita una serie di riflessioni sull'efficacia e sulle limitazioni di questa tecnologia. La favorevole situazione di presa riscontrata a San Pietro a Coppito ne fa un caso esemplare. Le dimensioni ridotte dell'edificio, le superfici libere da ponteggi o altri elementi di disturbo, i rivestimenti quasi completamente assenti, hanno consentito di sfruttare al massimo le potenzialità del software che ha generato modelli tridimensionali di ottima qualità cromatica. Al contrario, per la chiesa di Castelnuovo la tecnologia utilizzata non sembra essere la migliore soluzione disponibile, almeno per il rilievo delle macerie. Superfici troppo disomogenee e utilizzo del cestello elevatore hanno compromesso la generazione delle nuvole di punti, creando un lavoro di post-produzione lungo e non commisurato al lavoro sul campo: due giorni di lavoro sul campo hanno richiesto varie settimane di processamento dei dati in laboratorio.

Il software ha invece dato migliori risultati di generazione delle superfici, anche se intonacate, rilevate dopo la rimozione delle macerie. Ha inoltre influenzato la buona riuscita del lavoro la possibilità di lavorare a distanze ravvicinate e fotografare con il sensore della camera quasi parallelo ai piani. Grazie all'alta qualità del materiale prodotto, è stato possibile mappare con facilità e in tre dimensioni il distacco dei vari strati di rivestimento individuati. Problematico è stato invece il rilievo delle superfici intonacate degli ambienti interni di Santa Maria di Roio. In questo caso la natura dell'intonaco e le scarse condizioni di illuminazione hanno limitato notevolmente l'utilizzo dello strumento, che invece ha ottenuto buoni risultati nel rilievo dell'affresco quattrocentesco presente in una delle cappelle laterali e nel rilievo della facciata, registrata solo nella parte bassa. Al momento del rilievo la parte alta della facciata era stata già messa in sicurezza con fasce e travi di supporto, perdendo la possibilità di osservare dati che difficilmente potranno essere recuperati. Nel complesso la tecnologia utilizzata è stata un utile supporto per l'analisi di fabbriche storiche e potrebbe essere indicata per campagne estensive di registrazione in contesti di rischio sismico, non solo in fase post-terremoto, ma soprattutto in fase di prevenzione e valutazione del rischio. In ogni caso, la possibilità di integrare il rilievo con altre tecnologie risulta la strada da percorrere per ottenere una documentazione quanto più esaustiva e precisa possibile, valutando attentamente le richieste del committente in base alle reali esigenze di rappresentazione e alle risorse messe in campo in termini di costi, tempi e personale.

PIERO GILENTO

Dipartimento di Archeologia
e Storia delle Arti
Università degli Studi di Siena

BIBLIOGRAFIA

- ARRIGHETTI A., GILENTO P. 2012, *Dallo scavo all'edificio: esperienze di registrazione tridimensionale a confronto*, in S. GIANOLIO (ed.), *Archeologia virtuale. La metodologia prima del software. Atti del II Seminario Nazionale di Archeologia Virtuale* (Roma 2011), Roma, Espera, 49-67.
- BROGIOLO G.P. 1988, *Archeologia dell'edilizia storica*, Como, New Press.
- BROGIOLO G.P. 2008, *Procedure di documentazione e processi interpretativi dell'edilizia storica alla luce delle linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale*, «Archeologia dell'Architettura», 13, 9-13.
- DOGLIONI F., MORETTI A., PETRINI V. 1994, *Le chiese e il terremoto. Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del Friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica di prevenzione*, Trieste, Lint.
- GARCÍA-GÓMEZ I., FERNÁNDEZ M., MESANZA MORAZA A. 2011, *Láser escáner y nubes de puntos. Un horizonte aplicado al análisis arqueológico de edificios*, «Arqueología de la Arquitectura», 8, 25-44.
- LAGOMARSINO S. 2009, *Vulnerabilità e risposta sismica delle chiese aquilane: interpretazione del danno e considerazione sul miglioramento strutturale*, «Arkos», 20, 30-37.
- MANNONI T. 1984, *Metodi di datazione dell'edilizia storica*, «Archeologia Medievale», 11, 396-403.
- MANNONI T. 1998, *Analisi archeologiche degli edifici con strutture portanti non visibili*, «Archeologia dell'Architettura», 3, 81-85.
- MI BAC 2010, *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale allineate alle nuove Norme tecniche per le costruzioni* (d.m. 14 gennaio 2008), aggiornate al 23 Luglio 2010, Roma.
- MORELLI M. 1983, *L'edificio della ex collegiata aquilana di S. Maria di Roio*, L'Aquila, Japadre.
- PARENTI R. 1988, *Sulle possibilità di datazione e classificazione delle murature*, in R. FRANCOVICH, R. PARENTI (eds.), *Archeologia e restauro dei monumenti*, Firenze, All'Insegna del Giglio, 280-304.
- PARENTI R., VECCHI A., GILENTO P. 2008, *Archeologia dell'architettura e rischio sismico*, «Archeologia dell'Architettura», 13, 15-28.
- TORRIERI V. (ed.) 2010, *Le macerie rivelano. L'Aquila 6 Aprile 2009. Inediti archeologici per la storia della città*, Quaderni di Archeologia, 1, Teramo.
- TORRIERI V. (ed.) 2011, *Le macerie rivelano. L'Aquila 6 Aprile 2009. La cattedrale dei santi Massimo e Giorgio e il rosone inedito di Santa Giusta*, Quaderni di Archeologia, 2, Teramo.

ABSTRACT

The aim of this paper is to present the experience of a photogrammetric survey started in May 2009 to record the current state of some religious buildings involved in the earthquake of April 6th which affected L'Aquila and its municipalities. This experience gave us the opportunity to evaluate and verify a solution for a metric survey of buildings, which is based on photography applied in a post-earthquake scenario. An archaeological recording can become part of a wider process of knowledge and reconstruction, in which there is interaction between several agents (engineers, architects, archaeologists, etc.); in this way the approach to the survey problems was discussed taking into account specific needs. The paper illustrates the process of analysis and synthesis that led to the representation of architectural and archaeological data, and especially attempts to define, through specific case studies, the targeted use of the photogrammetric solution.

